

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

(studij za stjecanje akademskog naziva:  
magistar kineziologije)

**Ivan Markić**

**PRIMJENA METABOLIČKIH JEDNADŽBI U  
PROGRAMIRANJU VJEŽBANJA ZA OSOBE S  
PREKOMJERNOM TJELESNOM MASOM I  
PRETILOŠĆU**

diplomski rad

**Mentor:**

**doc.dr.sc. Danijel Jurakić**

Zagreb, rujan 2018.

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završena verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

---

doc.dr.sc. Danijel Jurakić

Student:

---

Ivan Markić

# PRIMJENA METABOLIČKIH JEDNADŽBI U PROGRAMIRANJU VJEŽBANJA ZA OSOBE S PREKOMJERNOM TJELESNOM MASOM I PRETILOŠĆU

## Sažetak

U zadnjih 20-ak godina brojna znanstvena istraživanja ukazuju da se broj pretilih osoba diljem svijeta povećava i da pretilost postaje ozbiljan javnozdravstveni problem. Tjelesno vježbanje uz redukcijsku dijetu ima veliku važnost u prevenciji i liječenju pretilosti. Da bismo izradili kvalitetan plan i program vježbanja za smanjenje tjelesne mase nužno je pouzdano procjenjivati energetske potrošnje kod pojedinih tjelesnih aktivnosti. Jedna od praktičnih metoda za procjenu energetske potrošnje kod različitih oblika tjelesne aktivnosti su metaboličke jednadžbe. Stoga je glavni cilj ovog diplomskog rada bio opisati mogućnost primjene metaboličkih jednadžbi (Američkog koledža sportske medicine) u programiranju vježbanja za osobe s prekomjernom tjelesnom masom i pretilošću. Sekundarni cilj ovog rada bio je opisati preporuke za programiranje vježbanja u svrhu redukcije tjelesne mase.

**Ključne riječi:** pretilost, tjelesna aktivnost, energetska ravnoteža, kalorijska potrošnja, hodanje, biciklergometar, ručni ergometar

## APPLICATION OF METABOLIC EQUATIONS IN PROGRAMMING EXERCISES FOR PERSONS WITH OVERWEIGHT AND OBESITY

## Abstract

Over the last 20 years, numerous scientific studies have shown that the number of obese people around the world is increasing and that obesity is becoming a serious public health problem. Physical exercise with a energy restrictive diet has great importance in preventing and treating obesity. To create a quality plan and exercise program to reduce body mass we need to be able to calculate the energy consumption for each physical activity. Metabolic equations are one of the practical methods for assessing energy consumption in various forms of physical activity. Therefore, the main goal of this master thesis was to describe the possibility of using metabolic equations (American College of Sports Medicine) in exercise programming for persons with overweight and obesity. Secondary goal of this thesis was to describe recommendations for exercise programming to reduce body mass.

**Key words:** obesity, physical activity, energy balance, energy cost (kcal), walking, leg ergometer, arm ergometer

## Sadržaj

1. UVOD .....	4
2. JAVNOZDRAVSTVENI ZNAČAJ PRETILOSTI .....	5
3. ULOGA TJELESNE AKTIVNOSTI U PREVENCIJI I LIJEČENJU PRETILOSTI .....	7
3.1. PREPORUKE ACSM ZA PROGRAMIRANJE VJEŽBANJA U SVRHU REDUKCIJE TJELESNE MASE .....	7
4. ENERGETSKA RAVNOTEŽA .....	10
5. PRIMJERI PLANA ZA REDUKCIJU TJELESNE MASE .....	12
6. PRIMJENA METABOLIČKIH JEDNADŽBI .....	15
6.1. ACSM JEDNADŽBA ZA HODANJE .....	15
6.2. ACSM JEDNADŽBA ZA BICIKLERGOMETAR .....	21
6.3. ACSM JEDNADŽBA ZA RUČNI ERGOMETAR .....	23
7. ZAKLJUČAK .....	27
8. LITERATURA .....	28



## 1. UVOD

Prekomjerna tjelesna masa i pretilost postaju sve značajniji javnozdravstveni problem (Peters, 2006). Brojna znanstvena istraživanja ukazuju na veliku važnost tjelesne aktivnosti i vježbanja kod očuvanja i unapređenja zdravlja čovjeka (Jakicic, 2003). Jedan od najučinkovitijih načina prevencije, smanjenja i sprečavanja ponovnog nakupljanja viška tjelesne mase su tjelesna aktivnost i redukcijska dijeta (Jakicic i sur., 2001). Kvalitetni planovi i programi koji se izrađuju s ciljem smanjenja tjelesne mase trebaju sadržavati vrstu aktivnosti, njenu učestalost, trajanje i intenzitet, te procjenu energetske potrošnje u različitim tjelesnim aktivnostima. Energetski zahtjevi izražavaju se kao potreba za kisikom prilikom tjelesne aktivnosti i to se najčešće naziva primitak kisika ( $\text{VO}_2$ ). Mjerenje primitka kisika ( $\text{VO}_2$ ) zahtijeva skupocjenu opremu i stručnjake koji obavljaju procjenu i interpretaciju dobivenih rezultata. Stoga u većini ne laboratorijskih situacija mjerenje  $\text{VO}_2$  je nepraktično. Američki koledž sportske medicine (ACSM) 1975. godine predstavio je zdravstvenim i fitness stručnjacima metaboličke jednadžbe kao praktičnu metodu za procjenu primitka kisika kod nekoliko vrsta tjelesnih aktivnosti (hodanje, trčanje, vožnja bicikla, ručni bicikl, penjanje na klupicu). U programiranju vježbanja metaboličke jednadžbe služe za uspješno procjenjivanje potrošnje energije (primitka kisika i kalorijske potrošnje) putem poznatog radnog opterećenja, ali osim toga koriste se kod određivanja radnog opterećenja ili intenziteta vježbanja (ACSM, 2007).

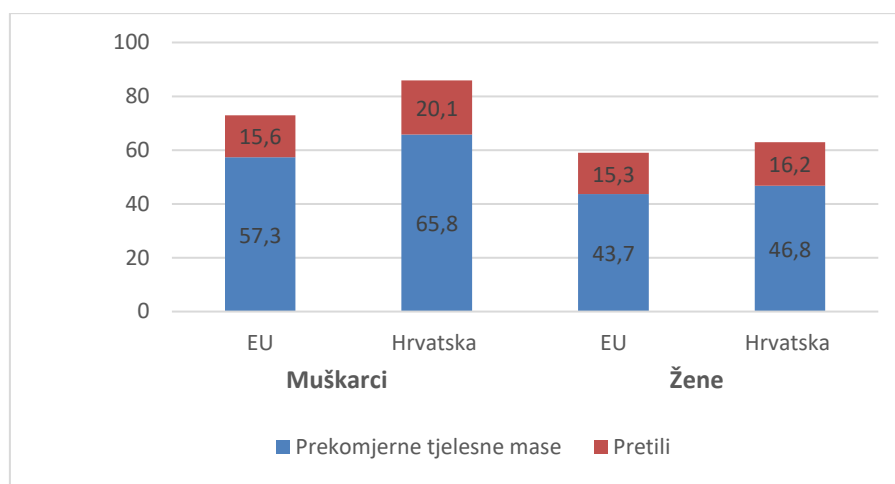
## 2. JAVNOZDRAVSTVENI ZNAČAJ PRETILOSTI

Pretilost u zadnjih 20-ak godina bilježi značajnu porast diljem zapadne Europe i Sjeverne Amerike (Magoc, Tomaka i Thompson, 2010). Trend porasta širi se čitavim svijetom, ugrožavajući pritom zdravlje ljudi i održivost sustava zdravstvenog osiguranja (Ostojić, 2011). Pretilost obilježava prekomjerna količina tjelesne masti, a uzroci nastanka pretilosti dijele se na primarne i sekundarne. Prema Mišigoj-Duraković i sur. (2008) „U primarne uzroke pretilosti ubrajaju se genetski čimbenici, prekomjerno veliki unos energije hranom, promijenjeni metabolizam masnog tkiva, smanjena termogeneza, niska razina dnevne tjelesne aktivnosti s obzirom na energijski unos hranom te neki lijekovi. U sekundarne uzroke pretilosti spadaju oštećenje hipotalamusa (uslijed tumora, upalnog procesa ili traume), hipotireoza, hiperkorticizam (Cushingov sindrom), pseudohipoparatiroidizam, hipogonadizam, nedostatak hormona rasta, sindrom policističnih jajnika, hiperinzulinizam.“. Prema tipu pretilosti razlikujemo muški (androidni), ženski (ginoidni) i intermedijarni tip (Mišigoj-Duraković i sur., 2008). Masno tkivo kod žena je raspoređeno u donjem dijelu tijela (bokovi i stražnjica) a kod muškaraca u gornjem dijelu tijela (prsni koš i trbuh) (Salzer, Trnka i Sučić, 2006). Najčešća mjera za procjenu pretilosti je indeks tjelesne mase ili Queteletov indeks (engl. body mass index) a definira se kao omjer vrijednosti tjelesne mase, izražene u kilogramima, i kvadrata vrijednosti tjelesne visine, izražene u metrima (Mišigoj-Duraković i sur., 2008). Vrijednost BMI jednaka ili veća od  $25 \text{ kg/m}^2$  određuje stanje prekomjerne tjelesne mase; dok pretilost određuje vrijednost jednaka ili veća od  $30 \text{ kg/m}^2$  (WHO, 2017).

Global Burden of Disease (GBD) Obesity Collaborators (2017) su kroz 25 godina pratili prevalenciju pretilosti i došli do rezultata s kojima su zaključili da je u svijetu pretilo više od 603,7 milijuna odraslih osoba te 107,7 milijuna djece.

Prema podacima istraživanja provedenog u 16 europskih država u kojem je sudjelovalo 14685 ispitanika starijih od 18 godina, polovica ispitanih osoba (47,6%) je prekomjerne tjelesne mase ili pretila, dok je 12,8% osoba pretilo (Gallus i sur., 2015).

Hrvatski zavod za javno zdravstvo u razdoblju 2013. - 2015. proveo je Europsku zdravstvenu anketu. „Europska zdravstvena anketa (EHIS) je standardizirana zdravstvena anketa koja se planira provoditi redovito, svake pete godine u svim zemljama članicama EU u istoj godini“ (Capak (ur.), 2016). Podatci tog istraživanja pokazuju kako je u Hrvatskoj 18% stanovnika pretilo, 37,7% ima prekomjernu tjelesnu masu, a 41,9% normalne je tjelesne mase.



*Slika 1. Postotak osoba s prekomjernom tjelesnom masom i pretilosti procijenjen indeksom tjelesne mase, po spolu, u Hrvatskoj i EU. Prerađeno prema „Body mass index (BMI) by sex, age and educational attainment level“, Eurostat, 2014.*

Prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji (2017) povišeni BMI glavni je čimbenik u razvoju nezaraznih bolesti kao što su dijabetes, neke vrste karcinoma (grudi, jajnici, prostata, jetra, bubreg, debelo crijevo), poremećaj mišićno-koštanog sustava (osteoartritis), i kardiovaskularne bolesti. Povećanjem BMI-ja povećava se i rizik za razvoj navedenih bolesti (WHO, 2017). U tablici 1. nabrojane su bolesti koje nastaju zbog utjecaja pretilosti na ljudsko zdravlje.

*Tablica 1. Zdravstvene posljedice uzrokovane pretilošću*

Kategorija/sustavi	Stanje/bolesti
Kardiovaskularne	hipertenzija, dislipidemija
Endokrine	inzulinska rezistencija, dijabetes tipa 2, sindrom policističnih jajnika, hiperkortizam
Gastroenterološke	kolelitijaza, steatoza jetre, gastroezofagealni refluks
Neurološke	idiopatska intrakranijalna hipertenzija
Ortopedske	tibia vara, uganuće gležnja, ravna stopala,
Pulmonalne	apnea za vrijeme spavanja, astma, Pickwick sindrom

Preuzeto i prilagođeno prema "Child Obesity and health", Wang, J., Wang, L., International Encyclopedia of Public Health, second edition, volume 1, str. 495.



### 3. ULOGA TJELESNE AKTIVNOSTI U PREVENCIJI I LIJEČENJU PRETILOSTI

Tjelesna aktivnost ima velik utjecaj na energijsku potrošnju i promjenu sastava tijela. Uz redukcijsku dijetu, uloga tjelesne aktivnosti u prevenciji i liječenju pretilosti je neizostavna. Kod postupka smanjenja tjelesne mase u pretilih osoba uloga tjelesnog vježbanja može se razmotriti kao primjena tjelovježbe zasebno i kao kombinacija vježbanja i redukcijske dijetete (Mišigoj-Duraković, 2018, str. 204). Dobrobiti redovite tjelesne aktivnosti u prevenciji i liječenju pretilosti su:

- očuvanje nemasne mase (mišićne i koštane) tijekom redukcijskih dijeta,
- poboljšanje kardiorespiratornih sposobnosti,
- smanjenje drugih rizičnih čimbenika kod pretilih osoba,
- smanjenje kronične upale i hemostaze, koje pridonose smanjenju rizika od obolijevanja od srčano-žilnih bolesti,
- održavanje smanjene tjelesne mase,
- promjena načina življenja, prehrambenih navika i tjelesne aktivnosti (Mišigoj-Duraković, 2018, str. 204).

Istraživanje provedeno na slučajnom populacijskom uzorku u Finskoj putem razvojnog programa za prevenciju i liječenje dijabetesa nazvanog DEHKO donijelo je sljedeće rezultate: smanjenje srednje tjelesne mase, smanjena učestalost pretilosti i srednjeg opsega trbuha (Pekka, 2011).

#### 3.1. PREPORUKE ACSM ZA PROGRAMIRANJE VJEŽBANJA U SVRHU REDUKCIJE TJELESNE MASE

Pri gubitku tjelesne mase smanjeni energetske unos ima veći učinak od tjelesne aktivnosti (Ross, Freeman i Janssen, 2000). Povećani gubitak tjelesne mase rezultat je kombinacije umjerenog smanjenja energije s primjerenom razinom tjelesne aktivnosti. Najčešće se pokazuje da kombinacija smanjenog unosa energije i povećane potrošnje energije tjelesnom aktivnošću rezultira početnim smanjenjem tjelesne mase od 9% do 10% (ACSM, 2014). Ako se unos energije smanji na razinu koja nije dovoljna da se zadovolji bazalni metabolizam, smanjuje se utjecaj tjelesne aktivnosti. Prema (Zekić, 2016) bazalni

metabolizam označava razinu energije potrebne za održavanje tjelesne vitalne funkcije u budnom stanju. Na temelju postojećih znanstvenih istraživanja i praktičnih kliničkih smjernica ACSM daje sljedeće preporuke vezane uz dijagnostiku i tjelesno vježbanje osoba s prekomjernom tjelesnom masom i pretilosti (ACSM, 2014).

Preporuke ACSM vezane za dijagnostiku prije početka vježbanja su:

- Prisutnost drugih komorbiditeta (npr. dislipidemija, hipertenzija, hiperinzulinemija, hiperglikemija) može povećati rizik kod osoba s prekomjernom tjelesnom masom i pretilosti, što rezultira potrebom za dodatnim medicinskim pregledom prije testiranja vježbanja i / ili odgovarajućim medicinskim nadzorom tijekom vježbanja.
- U obzir uzeti vrijeme uzimanja lijekova za liječenje komorbiditeta u odnosu na vrijeme vježbanja.
- Prisutnost mišićno-koštanog i/ili ortopedskog stanja može zahtijevati modifikacije kod vježbanja npr. upotrebu biciklergometra ili ručnog ergometra.
- Osobe s prekomjernom masom i pretilost slabijih sposobnosti vježbanja trebaju započeti testiranje s malim početnim opterećenjem (2-3 MET) i malim prirastom opterećenja po fazi ispitivanja od 0,5-1,0 MET.
- Zbog lakoće primjene testiranja, razmotriti upotrebu biciklergometra (s velikim sjedalom) u odnosu na traku za trčanje.
- Oprema za vježbanje mora biti prikladna za zadovoljavanje karakteristika tjelesne mase u svrhu sigurnosti i umjeravanja.
- Odrasli s prekomjernom tjelesnom masom i pretilosti mogu imati poteškoća u postizanju tradicionalnih fizioloških kriterija koji ukazuju na maksimalno opterećenje, što znači da se ne mogu primjenjivati standardni kriteriji za prestanak testiranja na tim pojedincima.
- Potrebno je upotrijebiti odgovarajuću veličinu manžete za mjerenje krvnog tlaka kod pojedinaca koji su prekomjerne tjelesne mase i pretili kako bi smanjili netočnost mjerenja (ACSM, 2014).

Skraćenica FITT (frequency, intensity, time, and type) je akronim koji označava princip prema kojem se izrađuju programi vježbanja (Tremblay, Colley, Saunders, Healy i Owen, 2010). Preporuke ACSM-a za redukciju tjelesne mase po FITT principu su:

**Učestalost:** najmanje  $\geq 5$  dana tjedno kako bi uspjeli povećati potrošnju energije.

**Intenzitet:** primjenjivati aerobnu aktivnost umjerenog do visokog intenziteta. Početni trening treba biti umjerenog intenziteta (tj. 40%-<60% rezerve primitka kisika ( $\text{VO}_2\text{R}$ ) ili srčane rezerve (HRR)). Povećanje intenziteta vježbanja (tj.  $\geq 60\%$   $\text{VO}_2\text{R}$  ili HRR) može rezultirati dodatnim zdravstvenim/fitnes dobitima.

**Vrijeme:** najmanje 30 minuta dnevno (tj. 150 min tjedno) aerobne aktivnosti umjerenog intenziteta koje teže prema 60 min dnevno (tj. 300 min tjedno). Uključivanje vježbi većeg intenziteta u ukupni volumen vježbanja pružit će dodatne zdravstvene dobiti. Treba poticati veći intenzitet vježbanja kod sposobnih pojedinaca koji su spremni za trenažni rad na višoj razini intenziteta vježbanja, ali treba biti oprezan jer veći je intenzitet povezan s mogućnošću češćih ozljeda. Akumulacija isprekidanih vježbi od najmanje 10 minuta učinkovita je alternativa kontinuiranom načinu vježbanja i može biti osobito koristan način kod početka bavljenja tjelesnim vježbanjem.

**Tip:** Aerobna tjelesna aktivnost koja uključuje velike mišićne skupine osnovna je vrsta vježbanja. U program vježbanja treba uključiti vježbe s opterećenjem i vježbe fleksibilnosti (ACSM, 2014).

Preporuke ACSM kod osmišljavanja programa za gubitak tjelesne mase:

- Ciljani gubitak tjelesne mase u razdoblju 3-6 mjeseci trebao bi biti najmanje od 5% do 10% od početne tjelesne mase.
- U početnom razdoblju gubitka tjelesne mase važna je komunikacija između stručnjaka zdravstvene zaštite, nutricionista, kineziologa i pojedinca uključenog u trenažni proces.
- Uvesti promjene u prehrani i načinu života jer one dovode do značajnog dugoročnog gubitka tjelesne mase.
- Ciljano smanjenje dnevnog unosa energije od 500 do 1000 kcal. Unos masti ne smije biti veći od 30% od ukupnog energetskeg unosa.
- Progresivno povećanje umjerene tjelesne aktivnosti do minimalno 150 minuta tjedno, kako bi se postigli dobiti zdravstvenog fitnesa.
- Težiti povećanju tjelesne aktivnosti do 250 minuta tjedno zbog dugoročnog održavanja tjelesne mase.
- Uključiti vježbe s opterećenjem kao dodatak aerobnom vježbanju.
- Uvesti strateške promjene kako bi se olakšalo usvajanje i održavanje željenih promjena u načinu ponašanja (ACSM, 2014).

#### 4. ENERGETSKA RAVNOTEŽA

Energetska ravnoteža određuje odnos, odnosno razliku između unosa energije (kalorije unesene u organizam putem hrane i pića) i potrošnje energije (kalorije potrošene prilikom svakodnevnih energetske zahtjeva) (Andrews, n.d.). Energetska ravnoteža postiže se jednakim unosom energije u odnosu na potrošnju energije (Gropper, Smith i Groff, 2009). Kada je unos energije veći od potrošnje energije, stvara se pozitivna energetska ravnoteža koja dovodi do povećanja tjelesne mase, dok će veća potrošnja energije od unesene energije rezultirati negativnom energetske ravnotežom i gubitkom tjelesne mase (Caudwell, Gibbons, Finlayson, Näslund i Blundell, 2013). Potrošnja energije složenija je komponenata od unosa energije jer na nju utječe puno više faktora. Tako na potrošnju energije utječe energija koja je povezana s apsorpcijom, metabolizmom i skladištenjem hranjivih tvari koje se nalaze u hrani, zatim energija koja se troši prilikom disanja, otkucaja srca, hlađenja i zagrijavanja tijela, i energija koja se potroši tjelesnim vježbanjem (Gropper i sur., 2009). Komponente energetske unosa i potrošnje energije su dinamične i interaktivne. Povećanja ili smanjenja jedne od komponenata mogu rezultirati kompenzacijskom promjenom druge komponente i namjeravani učinak može biti smanjen ili potpuno odsutan (Donnelly, 2010, str. 223). Na primjer, ako osoba ograničava unos energije i to rezultira nižom razinom dnevne tjelesne aktivnosti i metabolizma u mirovanju, dolazi do malog gubitka tjelesne mase. Mogućnost kompenzacije dovodi do zaključka da smanjenje tjelesne mase zbog ograničenja unosa energije, povećane tjelesne aktivnosti ili njihove kombinacije rijetko postiže razinu koja je izračunata jednostavnom jednadžbom unosa energije u odnosu na potrošnju energije (Donnelly, 2010, str. 223). Iz navedenoga se zaključuje da pretilost proizlazi iz pozitivne energetske ravnoteže. Tjelesna masa smanjit će se negativnom energetske ravnotežom postignutom ograničenim unosom energije i/ili povećanom tjelesnom aktivnošću. Ograničenje unosa energije smanjuje količinu raspoložive energije za održavanje tjelesne mase, a tjelesna aktivnost osigurava potrošnju energije iznad one koja se koristi za svakodnevni život.

Energetska razlika pojam je koji određuje razliku između energije potrebne za održavanje tjelesne mase i potrošene ili unesene energije (Donnelly, 2010, str. 224). Veličina energetske razlike određuje količinu gubitka tjelesne mase. Ograničenja u prehrani imaju primarnu ulogu kod gubitka tjelesne mase, a tjelesno vježbanje smatra se sekundarnom ulogom (Donnelly i Smith, 2005).

Za gubitak tjelesne mase koriste se ograničenja u prehrani od 500 do 1000 kcal na dan koja rezultiraju gubitkom od 5 do 10% od osnovne tjelesne mase (ACSM, 2014). Korištenjem samo tjelesnog vježbanja ne može se potrošiti dovoljno energije za stvaranje negativne energetske ravnoteže i zbog toga je njena uloga sekundarna (Donnelly i Smith, 2005). Donnelly i njegovi suradnici u svom istraživanju pokazali su kako su muškarci koji su kroz 16 mjeseci imali ad libitum (svojevoljni) dnevni unos energije i uz to vježbali pet puta tjedno po 45 minuta dnevno intenzitetom od 75% rezerve srčane frekvencije, uspjeli izgubiti 6% od početne tjelesne mase ( $5,2 \pm 4,7$  kg). Negativna energetska razlika izmjerena je metodom dvostruko označene vode, a iznosila je -346 kcal dnevno kroz 16 mjeseci. Razine gubitka tjelesne mase ostvarene vježbanjem slične su gubitku tjelesne mase postignute energetske ograničenjem, ali vježbanjem će se pridonijeti poboljšanju kardiovaskularnih bolesti, smanjenju rizika od dijabetesa i očuvanju mišićne mase (Donnelly, 2010, str. 224). Upravo zato su javnozdravstvene preporuke za gubitak tjelesne mase usmjerene na kombinaciju ograničenja energije i tjelesne aktivnosti. Istraživanja su pokazala kako kombinacija ove dvije komponente ostvaruje veći gubitak tjelesne mase nego korištenje samo jedne od komponenata (Jakicic i sur., 2001).

Kod treninga s opterećenjem minimalan je gubitak tjelesne mase jer je energetska potrošnja znatno niža od one koja se ostvaruje aerobnim vježbanjem (Jakicic i sur., 2001). Geliebter i njegovi suradnici (1997) su u svom istraživanju dokazali kako trening s opterećenjem značajnije utječe na očuvanje mišićne mase nego aerobno vježbanje i redukcijska dijeta. Iako je potrošnja energije kod ovakvog tipa vježbanja znatno niža, mišićna masa koristi oko 15 do 25 kcal/kg dnevno ne samo za vrijeme vježbanja već tijekom cijelog dana. To ukazuje da će akumulirana dnevna energetska potrošnja imati dovoljan značaj u gubitku tjelesne mase (Donnelly, 2010, str. 224-225).

## 5. PRIMJERI PLANA ZA REDUKCIJU TJELESNE MASE

U ovom poglavlju prikazat će se primjeri dva plana za redukciju tjelesne mase. U prvom primjeru prikazan je plan za mlađu ženu prekomjerne tjelesne mase, a u drugom primjeru prikazan je plan za muškarca srednjih godina prekomjerne tjelesne mase.

### Primjer 1.

Žena u dobi od 30. godina ima 160 cm i 70 kg. Indeks tjelesne mase iznosi 27,3. Prosječno dnevno unosi 2200 kcal. Ima umjerenu razinu aerobnih sposobnosti, a po zanimanju je odgojiteljica.

Cilj je smanjiti tjelesnu masu za 7 kg (63kg) i smanjiti BMI za 10% (BMI = 24,6).

Procjena dnevne potrošnje energije:

Procjena bazalnog metabolizma prema Harris-Benedict jednadžbi izraženo u kilokalorijama po danu = 1473 kcal/dan

Harris-Benedictova jednadžba za ženski spol:

$$P_{\text{Harris-Benedict}} = (655,0955 + 9,463 \cdot m + 1,8496 \cdot v - 4,6756 \cdot d)$$

$$P_{\text{Harris-Benedict}} = (655,0955 + 9,463 \cdot 70 + 1,8496 \cdot 160 - 4,6756 \cdot 30)$$

$$P_{\text{Harris-Benedict}} = (655,0955 + 662,41 + 295,936 - 140,268)$$

$$P_{\text{Harris-Benedict}} = (1473,1735)$$

m - tjelesna masa izražena u kilogramima

v - tjelesna visina izražena u centimetrima

d - dob izražena u godinama (Heyward, 2014)

- Dnevna razina aktivnosti - umjerena (45% iznad bazalnog metabolizma) = 663
- Ukupno = 2136 kcal

Plan je u četiri mjeseca ostvariti cilj deficitom energije za 350 - 650 kcal dnevno. Dnevni unos smanjit će se redukcijskom prehranom 200 - 500 kcal, a potrošnja energije povećat će se putem vježbanja za 100 - 250 kcal dnevno kao što je prikazano u tablici 2.

Tablica 2. Plan kalorijske potrošnje za smanjenje tjelesne mase po tjednima

Tjedan	Vježbanje/prehrana	Potrošnja energije (kcal)
1. tjedan	Vježbanje 100 kcal/dan	700
	Dijeta 500 kcal/dan	3500
2. i 3. tjedan	Vježbanje 150 kcal/dan	2100
	Dijeta 500 kcal/dan	7000
4. i 5. tjedan	Vježbanje 200 kcal/dan	2800
	Dijeta 450 kcal/dan	6300
6. i 7. tjedan	Vježbanje 200 kcal/dan	2800
	Dijeta 350 kcal/dan	4900
8. i 9. tjedan	Vježbanje 250 kcal/dan	3500
	Dijeta 300 kcal/dan	4200
10. – 14. tjedan	Vježbanje 150 kcal/dan	5250
	Dijeta 200 kcal/dan	7000
15. i 16. tjedan	Vježbanje 200 kcal/dan	2800
	Dijeta 200 kcal/dan	2800
<b>Ukupno</b>		<b>55650</b>

## Primjer 2.

Muškarac u dobi 40 godina, tjelesne visine 180 cm, tjelesne mase 90 kg, BMI 27,7. Prosječno dnevno unosi oko 2900 kcal. Ima nisku razinu aerobnih sposobnosti a po zanimanju je vozač (sedentarni tip).

Cilj je smanjiti tjelesnu masu za 9 kg (81 kg) i BMI za 10 % (BMI = 24,9).

Procjena dnevne potrošnje energije:

Procjena bazalnog metabolizma prema Haris-Benedict = 1934

Harris-Benedictova jednadžba za muški spol:

$$P_{\text{Harris-Benedict}} = (66,473 + 13,751 \cdot m + 5,0033 \cdot v - 6,755 \cdot d)$$

$$P_{\text{Harris-Benedict}} = (66,473 + 13,751 \cdot 90 + 5,0033 \cdot 180 - 6,755 \cdot 40)$$

$$P_{\text{Harris-Benedict}} = (66,473 + 1237,59 + 900,594 - 270,2)$$

$$P_{\text{Harris-Benedict}} = (1934,457)$$

m - tjelesna masa izražena u kilogramima

v - tjelesna visina izražena u centimetrima

d - dob izražena u godinama (Heyward, 2014)

- Dnevna razina aktivnosti – niska (35% iznad bazalnog metabolizma) = 677
- Ukupno = 2611

Plan je kroz šestomjesečni program ostvariti cilj deficitom energije za 350-500 kcal dnevno. Ukupna kalorijska potrošnja u šest mjeseci postignuta kombinacijom vježbanja i redukcijskom dijetom iznosi 68600 kcal = 9,1 kg. Primjer plana prikazan je u tablici 3. Redukcijska prehrana u prva tri mjeseca napraviti će veći deficit energije u odnosu na vježbanje, dok će tjelesno vježbanje imati veću ulogu u gubitku tjelesne mase u posljednja dva mjeseca programa vježbanja.

*Tablica 3. Plan kalorijske potrošnje za smanjenje tjelesne mase po mjesecima*

Mjesec	Vježbanje/prehrana	Potrošnja energije (kcal)
1. - 4. tjedan	Vježbanje 100 kcal/dan	2800
	Dijeta 300 kcal/dan	8400
5. - 8. tjedan	Vježbanje 100 kcal/dan	2800
	Dijeta 350 kcal/dan	9800
9. - 12. tjedan	Vježbanje 200 kcal/dan	5600
	Dijeta 300 kcal/dan	8400
13. - 16. tjedan	Vježbanje 200 kcal/dan	5600
	Dijeta 200 kcal/dan	5600
17. - 20. tjedan	Vježbanje 250 kcal/dan	7000
	Dijeta 100 kcal/dan	2800
21. - 24. tjedan	Vježbanje 250 kcal/dan	7000
	Dijeta 100 kcal/dan	2800
<b>Ukupno</b>		<b>68600</b>



## 6. PRIMJENA METABOLIČKIH JEDNADŽBI

U ovome poglavlju opisat će se primjena i svrha metaboličkih jednadžbi za hodanje, biciklergometar i ručni ergometar. Primjerima će se objasniti kako pomoću jednadžbe odrediti primitak kisika, kalorijsku potrošnju, brzinu hodanja ili intenzitet kojim će se vježbati.

### 6.1. ACSM JEDNADŽBA ZA HODANJE

Hodanje je aktivnost koja se provodi bez pomagala na različitim prostorima, otvorenim ili zatvorenim. Korisna je za poboljšanje kardiovaskularnog fitnessa, reguliranje tjelesne mase i održavanja mineralne gustoće kostiju. ACSM jednadžba za hodanje korisni je alat za određivanje odgovarajućeg intenziteta treninga, a također se koristi u procjeni potrošnje kilokalorija tijekom hodanja (ACSM, 2007).

U jednadžbi hodanja postoje tri komponente, a svaka komponenta predstavlja omjer potrošnje energije. Prvo, primitak kisika prilikom pokretanja jednog kilograma tjelesne mase po metru izražava se sa 0,1 mL/kg/m. Stoga se **horizontalna komponenta** hodanja može se izračunati kao:

$$\text{Horizontalna komponenta} = \text{brzina (m} \cdot \text{min}^{-1}) \cdot 0,1 \text{ mL/kg/m}$$

**Vertikalnu komponentu** hodanja možemo izračunati ako znamo primitak kisika prilikom vertikalnog kretanja nasuprot gravitacijske sile. To se procjenjuje sa 1,8 mL/min za svaki prehodani metar. Budući da brzina kretanja i vertikalni uspon moraju biti poznati, vertikalna komponenta sadrži sve tri komponente a izračunava se kao:

$$\text{Vertikalna komponenta} = \text{brzina (m} \cdot \text{min}^{-1}) \cdot \text{uspon (decimala)} \cdot 1,8 \text{ mL/kg/min}$$

Vertikalni uspon označava se stupnjevima, koji se označavaju decimalnim brojem, a zatim se pretvaraju u stupnjeve u postotcima. Stupanj uspona odnosi se na stupanj visine za zadanu horizontalnu dužinu (ACSM, 2007). Horizontalna i vertikalna komponenta zajedno predstavljaju neto primitak kisika hodanja, a bruto primitak kisika se dobiva dodavanjem primitka kisika u mirovanju koji je jednak jednom MET-u a iznosi 3,5 mL/kg/min i dodaje se na kraju jednadžbe. Metabolički ekvivalent (MET) jedinica je koja se koristi za procjenu metaboličke aktivnosti (primitka kisika) tijekom tjelesne aktivnosti (Hrvoj, Slišković i Šimić, 2015).

Iz prethodne derivacije jednadžbe hodanja, proizlazi jedinstvena jednadžba hodanja ACSM:

$$VO_2 \text{ (mL/kg/min)} =$$

$$[S \text{ (m/min)} \cdot 0,1 \text{ mL/kg/m}] + [S \text{ (m/min)} \cdot G \text{ (dec)} \cdot 1,8 \text{ mL/min/m}] + 3,5 \text{ mL/kg/min}$$

$VO_2$  = primitak kisika

S = brzina (engl. speed)

G = uspon (engl. grade)

ACSM jednadžba hodanja se koristi za dvije svrhe. Prva svrha određivanje je primitka kisika prilikom hodanja na ravnom terenu ili na uzbrdici. Druga je svrha određivanje određene brzine hodanja i/ili nagiba iz poznatog  $VO_2$  (ACSM, 2007). U daljnjem tekstu kroz primjere objasniti će se obje svrhe primjene ACSM jednadžbi.

Uzmimo za primjer osobu prekomjerne tjelesne mase (102 kg) koja je došla vježbati u fitness centar, a od svog liječnika dobila je preporuku da vježba intenzitetom između 4-6 MET-a. U fitness centru nalaze se trake za hodanje/trčanje koje ćemo koristiti kako bi postigli preporučeni intenzitet vježbanja. Osobi ćemo zadati da hoda na traci brzinom 5 km/h pri uzbrdici od 2%. Intenzitet vježbanja uvrstit ćemo u jednadžbu hodanja s kojom ćemo odrediti primitak kisika tijekom hodanja i utvrditi vježba li osoba preporučenim intenzitetom vježbanja.

$$VO_2 \text{ (mL/kg/min)} = [S \text{ (m/min)} \cdot 0,1] + [S \text{ (m/min)} \cdot G \text{ (dec)} \cdot 1,8] + 3,5$$

Brzinu (S) pretvaramo u metre u minuti tako da ju pomnožimo s brojem 1000 (označuje 1000 metara), a zatim podijelimo s brojem 60 (označuje minute), a nagib pretvaramo u decimalan broj. Dobivene vrijednosti uvrštavamo u jednadžbu.

Brzina (S) pretvorba:  $5 \text{ km/h} \cdot 16,66 = 83,3$

Nagib (G) pretvorba:  $2\% / 100 = 0,02$

$$\begin{aligned} VO_2 \text{ (mL/kg/min)} &= [83,3 \text{ m/min} \cdot 0,1] + [83,3 \text{ m/min} \cdot 0,02 \cdot 1,8] + 3,5 \text{ mL/kg/min} \\ &= 8,33 \qquad \qquad \qquad + 2,9 \qquad \qquad \qquad + 3,5 \\ &= 14,7 \text{ mL/kg/min} \end{aligned}$$

Kada smo dobili podatke o primitku kisika, njih moramo podijeliti s brojem 3,5 koji označuje primitak kisika u mirovanju kako bismo dobili intenzitet izražen u MET-ima.

$$\frac{VO_2 \text{ (mL/kg/min)}}{3,5}$$

$$\frac{14,7}{3,5} = 4,2 \text{ METa}$$

Prema izračunu, doznali smo da osoba vježba u preporučenoj zoni između 4-6 MET-a. Želimo li pomoći osobi u gubitku tjelesne mase, moramo izračunati koliko će osoba potrošiti kilokalorija tijekom vježbanja. Kalorijsku potrošnju odredit ćemo tako da  $VO_2$  mL/kg/min pomnožimo s tjelesnom masom i time dobijemo  $VO_2$  mL/min.

$$\begin{aligned} &VO_2 \text{ (mL/kg/min)} \cdot TM \\ &14,7 \cdot 102 \\ &= 1499,4 \text{ mL/min} \end{aligned}$$

Nakon toga  $VO_2$  mL/min ćemo podijeliti s 1000 (1L  $O_2$  = 1000 mL  $O_2$ ) i tako ćemo dobiti  $VO_2$  L/min.

$$\begin{aligned} &VO_2 \text{ (mL/min/1000)} \\ &\frac{1499,4}{1000} = 1,49 \text{ L/min} \end{aligned}$$

Zadnje što moramo napraviti da bi izračunali kalorijsku potrošnju je  $VO_2$  L/min pomnožiti s brojem 5 (1L  $O_2$  = 5 kcal/min) i time saznajemo kolika je kalorijska potrošnja za vrijeme aktivnosti u jednoj minuti.

$$\begin{aligned} &VO_2 \text{ L/min} \cdot 5 \\ &1,49 \cdot 5 \\ &= 7,45 \text{ kcal/min} \end{aligned}$$

Kroz primjer osobe prekomjerne tjelesne mase koja je došla vježbati s preporukom vježbanja odredili smo primitak kisika i kalorijsku potrošnju za vrijeme aktivnosti i time smo objasnili prvu svrhu ACMS jednadžbe za hodanje.

Kroz sljedeće primjere objasniti ćemo primjenu druge svrhe ACSM jednadžbe za hodanje. U drugom primjeru imamo osobu kojoj je putem progresivnog testa opterećenja izmjeren  $VO_{2max}$  od 25,7 mL/kg/min. Zadano joj je da hoda intenzitetom 50% svog  $VO_{2max}$  po ravnome terenu, pa postavljamo pitanje kojom brzinom treba hodati da bi bila u zadanom intenzitetu treninga.

Prvo ćemo odrediti koliko iznosi 50% njezinog  $VO_{2max}$  (25,7 mL/kg/min) tako da ćemo pomnožiti njen  $VO_{2max}$  sa 0,5.

$$25,7 \cdot 0,50 = 12,85 \text{ mL/kg/min.}$$

Koristeći se poznatim radnim  $VO_2$  iz jednadžbe hodanja određujemo brzinu hodanja na sljedeći način:

$$VO_2 \text{ (mL/kg/min)} = [S \text{ (m/min)} \cdot 0,1] + [S \text{ (m/min)} \cdot G \text{ (dec)} \cdot 1,8] + 3,5$$

$$12,85 = [S \text{ (m/min)} \cdot 0,10] + [S \text{ (m/min)} \cdot 0 \cdot 1,8] + 3,5$$

$$12,85 - 3,5 = [S \text{ (m/min)} \cdot 0,10] + [S \text{ (m/min)} \cdot 0 \cdot 1,8]$$

$$9,35 = [S \text{ (m/min)} \cdot 0,10] + 0$$

$$\frac{9,35}{0,10} = S \text{ (m/min)} \cdot \frac{0,10}{0,10}$$

$$93,5 = S \text{ m/min}$$

Dobili smo brzinu u metrima u minuti koju preračunavamo u kilometre na sat i time zaključujemo da osoba mora hodati brzinom od 5,6 km/h kako bi postigla zadani intenzitet od 50%  $VO_{2max}$ .

$$\frac{93,5}{16,66} = 5,6 \text{ km/h}$$

Brzinu hodanja možemo odrediti i temeljem  $VO_{2R}$  (rezerva primitka kisika). Kao primjer poslužiti će nam osoba iz prethodnog zadatka, odnosno koristiti ćemo njezin  $VO_{2max}$ . Ovaj postupak se izračunava tako da se od  $VO_{2max}$  oduzme  $VO_2$  u mirovanju koji iznosi 3,5 mL/kg/min. Zadani intenzitet aktivnosti bit će kao i u prethodnom zadatku 50% (0,50). Prvi postupak u rješavanju ovog zadatka bit će određivanje  $VO_{2R}$  na sljedeći način:

$$\begin{aligned} VO_{2R} &= ([VO_{2max} - VO_{2rest}] \cdot \text{intenzitet} + VO_{2rest}) \\ &= ([25,7 - 3,5] \cdot 0,50) + 3,5 \\ &= (22,2 \cdot 0,50) + 3,5 \\ &= 11,1 + 3,5 \\ &= 14,6 \text{ mL/kg/min} \end{aligned}$$

Kada smo izračunali  $VO_{2R}$  iz jednadžbe hodanja odredit ćemo brzinu koristeći se radnim  $VO_2$ :

$$\begin{aligned}
VO_2 \text{ (mL/kg/min)} &= [S \text{ (m/min)} \cdot 0,1] + [S \text{ (m/min)} \cdot G \text{ (dec)} \cdot 1,8] + 3,5 \\
14,6 &= [S \text{ (m/min)} \cdot 0,10] + [S \text{ (m/min)} \cdot 0 \cdot 1,8] + 3,5 \\
14,6 - 3,5 &= [S \text{ (m/min)} \cdot 0,10] + [S \text{ (m/min)} \cdot 0 \cdot 1,8] \\
11,1 &= [S \text{ (m/min)} \cdot 0,10] + 0 \\
\frac{11,1}{0,10} &= S \text{ (m/min)} \cdot \frac{0,10}{0,10} \\
111 &= S \text{ m/min}
\end{aligned}$$

Preračunavanjem metara u minuti, u kilometre na sat dobili smo brzinu hodanja kojom bi osoba trebala hodati ako želi doseći 50% od  $VO_{2R}$ , a ona iznosi 6,7 km/h.

Brzinu hodanja možemo izračunati iz  $VO_2$  vrijednosti kada se hodaње izvodi pri uzbrdici, koristeći pritom određeni uspon. Ovakav primjer određivanja brzine koristi se u slučajevima gdje postoje velike vrijednosti  $VO_2$ , pa se njihovim ostvarivanjem prekoračuje brzina hodanja. Za postizanje željenog  $VO_2$  u takvom slučaju moramo odrediti prikladnu brzinu hodanja i izračunati potrebni stupanj uspona. Kao primjer imamo osobu koja zbog ozljede ne može postići svoj uobičajeni tempo trčanja koji odgovara  $VO_2$  od 33 mL/kg/min. Zbog ozljede, želimo da osoba hoda brzinom od 5 km/h, na usponu s kojim će postići isti primitak kisika ( $VO_2$ ) kao što je imala prilikom trčanja. Zanima nas koji je prikladan stupanj uspona za postizanje odgovarajućeg intenziteta, a to izračunavamo na sljedeći način. Prvo pretvaramo brzinu iz km/h u metre u minuti ( $5 \cdot 16,66 = 83,3$  m/min), a zatim iz jednadžbe hodanja određujemo uspon. Dobiveni decimalni broja uspona pretvorit ćemo u uspon po stupnjevima u postotku.

$$\begin{aligned}
VO_2 \text{ (mL/kg/min)} &= [S \text{ (m/min)} \cdot 0,1] + [S \text{ (m/min)} \cdot G \text{ (dec)} \cdot 1,8] + 3,5 \\
33 &= [83,3 \cdot 0,1] + [83,3 \cdot G \cdot 1,8] + 3,5 \\
33 &= 8,33 + 149,94 G + 3,5 \\
33 - 3,5 &= 8,33 + 149,94 G \\
29,5 &= 8,33 + 149,94 G \\
29,5 - 8,33 &= 149,94 G \\
\frac{21,17}{149,94} &= \frac{149,94 G}{149,94} \\
0,14 &= G
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ uspon} &= \text{decimalni broj} \cdot 100 \\
 &= 0,14 \cdot 100 \\
 &= 14\% \text{ uspon}
 \end{aligned}$$

Iz izračuna možemo vidjeti da će osoba postići  $\text{VO}_2$  od 33 mL/kg/min ako hoda usponom od 14% i brzinom od 5 km/h.

Jednadžbu hodanja možemo primijeniti u kliničkoj upotrebi koristeći preporučene MET vrijednosti. Na primjer, imamo osobu kojoj je prema indeksu tjelesne mase određen III. stupanj pretilosti. Prema planu vježbanja trebala bi početi vježbati aktivnosti od 3 MET-a. Kroz sljedeći postupak izračunavamo preporučenu brzinu hodanja na ravnome terenu. Pretvaramo MET-e u  $\text{VO}_2$  (mL/kg/min).

$$\begin{aligned}
 \text{VO}_2 \text{ (mL/kg/min)} &= \text{MET-i} \cdot 3,5 \\
 &= 3 \cdot 3,5 \\
 &= 10,5 \text{ mL/kg/min}
 \end{aligned}$$

Putem jednadžbe hodanja određujemo brzinu hodanja u m/min, koju na kraju preračunavamo u km/h ( $70 \text{ m/min} = 4,2 \text{ km/h}$ ). Želi li osoba dosegnuti intenzitet vježbanja od 3 MET-a, ona mora hodati brzinom od 4,2 km/h.

$$\begin{aligned}
 \text{VO}_2 \text{ (mL/kg/min)} &= [S \text{ (m/min)} \cdot 0,1] + [S \text{ (m/min)} \cdot G \text{ (dec)} \cdot 1,8] + 3,5 \\
 10,5 &= [S \text{ m/min} \cdot 0,10] + [S \text{ m/min} \cdot 0 \cdot 1,8] + 3,5 \\
 10,5 &= [S \text{ m/min} \cdot 0,10] + 0 + 3,5 \\
 10,5 - 3,5 &= [S \text{ m/min} \cdot 0,10] + 0 \\
 \frac{7}{0,10} &= S \text{ m/min} \cdot \frac{0,10}{0,10} \\
 70 &= S \text{ m/min}
 \end{aligned}$$

## 6.2. ACSM JEDNADŽBA ZA BICIKLERGOMETAR

Biciklergometar trenažno je pomagalo koje se najčešće koristi za aerobni trening, te za procjenu submaksimalnog testa izdržljivosti. Tijekom izvedbe aktivnosti na biciklergometru, ispitanik savladava otpor okrećući pedala koja pokreću zamašnjak i svakim okretom pedala prelazi određenu udaljenost. Broj okretaja pedala u minuti služi za računanje intenziteta rada. Intenzitet rada kod biciklergometra izražava se u kilogramima · metri u minuti (kg · m/min):

$$\text{intenzitet rada (kg} \cdot \text{m/min)} = R \text{ (kg)} \cdot D \text{ (m)} \cdot \text{Rev/min}$$

R= otpor ili opterećenje, izraženo u kilogramima (engl. resistance)

D= udaljenost koju zamašnjak prođe svakim okretajem pedala, izraženo u metrima (engl. distance)

Rev/min= okretaji (pedala) u minuti (engl. revolutions per minute) (ACSM, 2007).

Postoje različiti proizvođači biciklergometara, te su na njima postavljeni različiti zamašnjaci. Udaljenost koju zamašnjak prođe svakim okretom pedala varira od modela proizvođača, a oni se mogu podijeliti na Monark biciklergometar (6 m po jednom okretu), Tunturi biciklergometar (3 m po jednom okretu) i Monark ručni ergometar (2,4 m po okretu) (ACSM, 2007). Treba napomenuti da je drugi način izražavanja intenziteta, u vatima ( $1W = 6,12 \text{ kgm} \cdot \text{min}^{-1}$ ). Pretvorba iz kg · m/min u vate izračunava se na sljedeći način:

$$\text{watts} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m/min}}{6,12} \quad \text{ili} \quad \text{kg} \cdot \text{m/min} = \text{watts} \cdot 6,12$$

Izračunavanja primitka kisika ( $\text{VO}_2$ ) za vrijeme rada na biciklergometru uključuje tri komponente. Prva komponenta je primitak kisika kod okretanja pedala bez otpora i ona iznosi 3,5 mL/kg/min, a vrijedi za 50-60 okretaja u minuti. Druga komponenta odnosi se na opterećenje postavljeno na zamašnjak, a iznosi približno 1,8 mL/kg/min za svaki kg·m/min. Treća komponenta primitak je kisika u mirovanju koji iznosi 3,5 mL/kg/min (ACSM, 2007).

ACSM jednadžba za biciklergometar:

$$\text{VO}_2 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = \left[ 1,8 \frac{\text{intenzitet (kg} \cdot \text{m/min)}}{\text{tjelesna masa (kg)}} \right] + (3,5 \text{ mL/kg/min}) + (3,5 \text{ mL/kg/min})$$

Jednostavnije se jednadžba za biciklergometar može izraziti ovako:

$$VO_2 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = 1,8 \frac{\text{intenzitet (kg} \cdot \text{m/min)}}{\text{tjelesna masa (kg)}} + 7$$

ACSM jednadžba za biciklergometar uobičajeno se koristi za određivanje kalorijske potrošnje prilikom aktivnosti, te za određivanje prikladnog intenziteta na temelju preporuke za vježbanje. Kroz primjer ćemo objasniti uporabu ACSM jednadžbe za biciklergometar. Osobu prekomjerne tjelesne mase 102 kg zanima koliko kilokalorija potroši dok vozi Monark biciklergometar pri opterećenju od 2 kg, te napravi 60 okretaja u minuti.

Prvo moramo odrediti intenzitet u  $\text{kg} \cdot \text{m/min}$ :

$$\begin{aligned} \text{Intenzitet (kgm} \cdot \text{min}^{-1}) &= R \text{ (kg)} \cdot D \text{ (m)} \cdot \text{rev/min} \\ R &= 2 \text{ kg} \quad D = 6 \text{ m (Monark biciklergometar)} \quad \text{rev/min} = 60 \\ \text{intenzitet (kgm} \cdot \text{min}^{-1}) &= 2 \cdot 6 \cdot 60 \\ &= 720 \text{ kg} \cdot \text{m/min} \end{aligned}$$

Nakon određivanja intenziteta putem jednadžbe za biciklergometar moramo odrediti koliki je primitak kisika:

$$\begin{aligned} VO_2 \text{ (mL/kg/min)} &= 1,8 \frac{\text{intenzitet (kg} \cdot \text{m/min)}}{\text{tjelesna masa (kg)}} + 7 \\ &= 1,8 \frac{720}{102} + 7 \\ &= 1,8 (7,1) + 7 \\ &= 12,78 + 7 \\ &= 19,78 \text{ mL/kg/min} \end{aligned}$$

Kada smo odredili primitak kisika, za određivanje kalorijske potrošnje pretvorit ćemo  $VO_2$  mL/kg/min u kcal/min tako da pomnožimo primitak kisika s tjelesnom masom osobe, a nakon toga mL/min pretvaramo u litre u minuti, množimo s brojem 5 i tako saznajemo kalorijsku potrošnju u jednoj minuti koja iznosi 10 kcal/min.

$$\begin{aligned} 19,78 \text{ mL/kg/min} \cdot 102 \text{ kg} &= 2018 \text{ mL/min} \\ \frac{2018}{1000} &= 2,0 \text{ L/min} \\ 2,0 \cdot 5 &= 10,0 \text{ kcal/min} \end{aligned}$$



U sljedećem primjeru osobi tjelesne mase 95 kg koja ima trenažni  $\text{VO}_2$  od 17,5 mL/kg/min određujemo putem jednadžbe intenzitet rada na biciklergometru u vatima i  $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{min}$  kojim bi trebala vježbati da bi postigla svoj trenažni  $\text{VO}_2$ .

Prvo određujemo intenzitet u  $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{min}$ , a nakon toga pretvaramo  $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{min}$  u vate:

$$\begin{aligned}\text{VO}_2 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} &= 1,8 \frac{\text{intenzitet (kg} \cdot \text{m}/\text{min})}{\text{tjelesna masa (kg)}} + 7 \\ 17,5 &= 1,8 \frac{\text{intenzitet (kg} \cdot \text{m}/\text{min})}{95} + 7 \\ 17,5 - 7 &= 1,8 \frac{\text{intenzitet (kg} \cdot \text{m}/\text{min})}{95} \\ 10,5 &= 1,8 \frac{\text{intenzitet (kg} \cdot \text{m}/\text{min})}{95} \\ 10,5 \cdot 95 &= 1,8 \frac{\text{intenzitet (kg} \cdot \text{m}/\text{min})}{95} \cdot 95 \\ 998 &= 1,8 (\text{kg} \cdot \text{m}/\text{min}) \\ \frac{998}{1,8} &= \frac{1,8}{1,8} \text{kg} \cdot \text{m}/\text{min} \\ 554 &= \text{kg} \cdot \text{m}/\text{min} \\ W &= \frac{\text{kg} \cdot \text{m}/\text{min}}{6,12} \\ W &= \frac{554}{6,12} = 91\end{aligned}$$

Pretvaranjem intenziteta iz  $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{min}$  u vate (W), dobili smo podatak da osoba mora vježbati intenzitetom od 91 W kako bi vježbala trenažnim  $\text{VO}_2$  od 17,5 mL/kg/min.

### 6.3. ACSM JEDNADŽBA ZA RUČNI ERGOMETAR

Ručni ergometar trenažno je pomagalo koje se koristi u treningu i dijagnostici stanja treniranosti. Koristi se u slučajevima kada je vježbač ili ispitanik u nemogućnosti koristiti donje ekstremitete ili ako se želi odrediti specifična mišićna izdržljivost mišića ruku. Zbog smanjene mišićne mase koja je uključena prilikom rada, krvni tlak bit će veći pri određenim frekvencijama srca nego što je tijekom rada donjih ekstremiteta (ACSM, 2007).

Tijekom izvedbe na ručnom ergometru, ispitanik savladava otpor pomičući svojim rukama pedala koje pokreću zamašnjak. Intenzitet rada izračunava se pomoću broja okretaja pedala u minuti, a izražava se u kilogramima  $\cdot$  metri u minuti ( $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{min}$ ):

$$\text{Intenzitet rada (kg} \cdot \text{m} \cdot \text{min}^{-1}) = R \text{ (kg)} \cdot D \text{ (m)} \cdot \text{rev/min}$$

R= otpor ili opterećenje, izraženo u kilogramima

D= udaljenost koju zamašnjak prođe svakim okretajem pedala, izraženo u metrima

Rev/min= okretaji (pedala) u minuti (ACSM, 2007).

Izračunavanje primitka kisika ( $\text{VO}_2$ ) za vrijeme rada na ručnom ergometru uključuje tri komponente. Prva komponenta je primitak kisika za vrijeme okretanja pedala bez otpora koja je zanemariva i ne uključuje se u jednadžbu. Druga komponenta odnosi se na opterećenje koje je postavljeno na zamašnjak, a iznosi približno  $3,0 \text{ mL/kg/min}$  za svaki  $\text{kg} \cdot \text{min/min}$ . Treća komponenta primitak je kisika u mirovanju koji iznosi  $3,5 \text{ mL/kg/min}$  (ACSM, 2007). ACSM jednadžba za ručni ergometar:

$$\text{VO}_2 \text{ (mL/kg/min)} = 3,0 \frac{\text{kg} \cdot \text{m/min}}{\text{tjelesna masa (kg)}} + 3,5$$

Ova je jednadžba najpreciznija kod intenzitet rada koji se kreću od  $150$  do  $750 \text{ kgm} \cdot \text{min}^{-1}$  ( $25 - 125 \text{ W}$ ). Kao primjer u određivanju kalorijske potrošnje putem jednadžbe za ručni ergometar poslužit će nam osoba mase  $102 \text{ kg}$ , koja okreće pedala na Monark ručnom ergometru pri opterećenju (R) od  $1,5 \text{ kg}$ , te napravi  $55$  okretaja minuti. Prvo moramo odrediti intenzitet:

$$\text{Intenzitet rada (kg} \cdot \text{m/min)} = R \text{ (kg)} \cdot D \text{ (m)} \cdot \text{rev/min}$$

$$R = 1,5 \text{ kg} \quad D = 2,4 \text{ m (Monark ručni ergometar)} \quad \text{rev/min} = 55$$

$$\text{intenzitet rada (kg} \cdot \text{m/min)} = 1,5 \cdot 2,4 \cdot 55$$

$$= 198 \text{ kg} \cdot \text{m/min}$$

Kada smo odredili intenzitet izračunavamo primitak kisika putem jednadžbe:

$$\text{VO}_2 \text{ (mL/kg/min)} = 3,0 \frac{\text{kg} \cdot \text{m/min}}{\text{tjelesna masa (kg)}} + 3,5$$

$$= 3,0 \left( \frac{198}{102} \right) + 3,5$$

$$= 3,0 (1,9) + 3,5$$

$$= 5,7 + 3,5$$

$$= 9,2 \text{ mL/kg/min}$$

Kada smo izračunali primitak kisika, preostaje nam još samo pretvoriti ga u mL/min, zatim u L/min i na kraju u kilokalorije po minuti, te smo tako saznali da osoba troši 4,7 kcal/min.

$$9,2 \text{ mL/kg/min} \cdot 102 \text{ kg} = 938 \text{ mL/min}$$

$$\frac{938}{1000} = 0,94 \text{ L/min}$$

$$0,94 \cdot 5 = 4,7 \text{ kcal/min}$$

U sljedećem primjeru kod jednadžbe za ručni ergometar izračunati ćemo kojim bi intenzitetom rada u vatima i  $\text{kg} \cdot \text{m/min}$  trebala vježbati osoba tjelesne mase 95 kg da bi postigla svoj trenažni  $\text{VO}_2$  od 17,5 mL/kg/min. Prvo trebamo odrediti intenzitet u  $\text{kg} \cdot \text{m/min}$ :

$$\text{VO}_2 (\text{mL/kg/min}) = 3,0 \frac{\text{kg} \cdot \text{m/min}}{\text{tjelesna masa (kg)}} + 3,5$$

$$17,5 = 3,0 \frac{\text{kg} \cdot \text{m/min}}{95} + 3,5$$

$$17,5 - 3,5 = 3,0 \frac{\text{kg} \cdot \text{m/min}}{95}$$

$$14 \cdot 95 = 3,0 \frac{\text{kg} \cdot \text{m/min}}{95} \cdot 95$$

$$1330 = 3,0 (\text{kg} \cdot \text{m/min})$$

$$\frac{1330}{3,0} = \frac{3,0}{3,0} (\text{kg} \cdot \text{m/min})$$

$$443 = \text{kg} \cdot \text{m/min}$$

Na kraju pretvaramo intenzitet iz  $\text{kg} \cdot \text{m/min}$  u intenzitet u vatima i zaključujemo da osoba mora vježbati intenzitetom od 72 W kako bi vježbala trenažnim  $\text{VO}_2$  od 17,5 mL/kg/min.

$$W = \frac{\text{kg} \cdot \text{m/min}}{6.12}$$

$$W = \frac{443}{6.12} = 72$$

U tablici 4. prikazane su razine energetske potrošnje u MET-ima kod različitih aktivnosti u svakodnevnome životu i slobodnome vremenu. Ti podaci mogu poslužiti osobama s prekomjernom tjelesnom masom i preti lošću u izračunu okvirne energetske potrošnje.

Tablica 4. Energetska potrošnja u zadanom vremenu kod rekreativnih oblika tjelesnih aktivnosti i aktivnosti u svakodnevnom životu temeljena na pojedincu od 90 kg

Tjelesna aktivnost	MET	Energetska potrošnja (kcal) u zadanom vremenu	
		30 min	60 min
AKTIVNOSTI U SLOBODNO VRIJEME			
Backpacking	7,0	331	662
Biciklizam, 16,1-19,2- km/h (lagano)	6,0	284	567
Biciklizam, 19,3-22,4 km/h (umjereno)	8,0	378	756
Biciklizam, 22,5-25,6 km/h (žustro)	10,0	473	945
Kuglanje	3,0	141	282
Gimnastičke vježbe (lagano/umjereno)	3,5	165	330
Gimnastičke vježbe (žustro)	8,0	378	756
Košarka, igra	8,0	378	756
Hodanje, 3,2 km/h	2,5	117	234
Hodanje, 5,6 km/h	3,8	180	360
Hodanje, 8,0 km/h	8,0	378	756
Trčanje, 12,1 km/h	12,5	591	1182
Planinarenje u prirodi	6,0	284	567
Plesanje, aerobno	6,5	306	612
Plesanje, društveni ili dvoransko	4,5	213	426
Frizbi	3,0	141	282
Jogging, općenito	7,0	331	662
Rolanje	12,5	591	1182
Skijanje u prirodi (6,4-7,9 km/h, umjereno)	8,0	378	756
Skijanje na vodi	6,0	284	567
Vožnja ski-skutera	3,5	165	330
Plivanje općenito	6,0	284	567
Plivanje, slobodni stil (žustro)	10,0	473	945
Tenis, općenito	7,0	331	662
SVAKODNEVNE AKTIVNOSTI			
Nošenje malog djeteta	3,0	141	282
Cijepanje drva	6,0	284	567
Čišćenje kuće, općenito	3,0	141	282
Nošenje namirnica bez trgovačkih kolica	2,5	117	234
Nošenje namirnica uz stepenice	7,5	354	708
Peglanje	2,3	108	216
Brisanje poda	3,5	165	330
Košanje travnjaka, općenito	5,5	261	522
Grabljanje	4,3	204	408
Čišćenje snijega	6,0	284	567
Metenje podova	3,3	156	312
Metenje pločnika	4,0	189	378
Usisavanje	3,5	165	330
Šetnja psa	3,0	141	282
Šetnja po kući	2,0	95	190
Šetnja gurajući dječja kolica	2,5	117	234
Pranje posuđa	2,3	108	216
Zalijevanje vrta ili travnjaka	1,5	71	142
Plijevljenje vrta	4,5	213	426

Podaci su preuzeti i prilagođeni iz "Physical Activity and Obesity", C. Bouchard i P. T. Katzmarzyk, 2010, str. 10-11.

## 7. ZAKLJUČAK

Pretilost danas uzrokuje brojne zdravstvene i ekonomske posljedice te je jedan od vodećih javnozdravstvenih problema u svijetu. Broj pretilih osoba u većini zemalja je u stalnom porastu, pa je baš zbog toga važno sustavno raditi na rješavanju tog javnozdravstvenog problema. Tjelesno vježbanje nesumnjivo može pomoći u redukciji tjelesne mase, međutim vrlo je važno da aktivnost bude pravilno dozirana tj. programirana. U izradi kvalitetnog programa vježbanja vrlo je bitan podatak o energetskej potrošnji tijekom vježbanja. Za preciznu i kvalitetnu procjenu potrošnje energije potrebni su laboratorijski uvjeti koji nisu dostupni mnogim stručnjaci. Zbog toga se u praksi najčešće koriste jednostavnija i jeftinija rješenja. Jedno od tih rješenja upravo su metaboličke jednadžbe Američkog koledža sportske medicine. U ovom radu opisana je njihova primjena u izradi programa vježbanja za pretile osobe i osobe s prekomjernom tjelesnom masom. Opisane su jednadžbe za hodanje, biciklergometar i ručni ergometar jer su to aktivnosti koje su primjerene pretilim osobama. Iz svega navedenoga možemo zaključiti da su metaboličke jednadžbe Američkog koledža sportske medicine jednostavan, besplatan i vrlo dobar alat čija će primjena uvijek pomoći u izradi kvalitetnih programa vježbanja.

## 8. LITERATURA

- ACSM, Glass, S. (ur.). (2007). *ACSM's Metabolic Calculations Handbook*. Baltimore, MD: American College of Sports Medicine.
- ACSM, Pescatello, L. S. (ur.). (2014). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (Ninth edition)*. Baltimore, MD: American College of Sports Medicine.
- Andrews, R. (n.d). All About Energy Balance. U *Precision Nutrition*. Dostupno na <https://www.precisionnutrition.com/all-about-energy-balance>
- Capak, K. (ur.). (2016). Europska zdravstvena anketa u Hrvatskoj 2014.-2015. *European Health Interview Survey (EHIS). Osnovni pokazatelji*. Zagreb: Hrvatski zavod za javno zdravstvo.
- Caudwell, P., Gibbons, C., Finlayson, G., Näslund, E. i Blundell, J. (2013). Physical Activity, Energy Intake, and Obesity: The Links Between Exercise and Appetite. *Curr Obes Rep*, 2: 185-190. doi: 10.1007/s13679-013-0051-1
- Donnelly, J. E. (2010). Weight Loss Induced by Physical Activity Versus Diet. Bouchard C., T. Katzmarzyk P. (ur.), *Physical Activity and Obesity* (str. 223-225). Second edition. Human Kinetics.
- Eurostat. (2014). *Release of first EHIS wave 2 results*. Dostupno na <http://ec.europa.eu/eurostat/web/health/health-status-determinants/data/database>.
- Gallus, S., Lugo, A., Murisic, B., Bossetti, C., Boffetta, P. i La Vecchia C. (2015). Overweight and obesity in 16 European countries. *European Journal of Nutrition*, 54(5), 679-689 Dostupno na <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00394-014-0746-4>.
- GBD Obesity Collaborators. (2017). Health Effects of Overweight and Obesity in 195 countries over 25 Years. *The New England Journal of Medicine*, 377:13-27. doi: 10.1056/NEJMoa1614362.

- Geliebter, A., Maher, M. M., Gerace, L., Gutin, B., Heymsfield, S. B. i Hashim, S. A. (1997). Effects of strength or aerobic training on body composition, resting metabolic rate, and peak oxygen consumption in obese dieting subjects. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 66(3): 557-63. doi: 10.1093/ajcn/66.3.557
- Gropper, S. S., Smith, J. L. i Groff, J. L. (2009). *Advanced Nutrition and Human Metabolism (Fifth Edition)*. Wadsworth, Cengage Learning.
- Heyward, V. H. (2014). *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription (Seventh Edition)*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hrvoj, J., Slišković, A. M. i Šimić, I. (2015). Metabolički sindrom i tjelesna aktivnost. *Hrvatski Športsko-medicinski Vjesnik*, 30(1), 3-14. Dostupno na <https://hrcak.srce.hr/143782>.
- Jakacic, J. M. (2003). The Role of Physical Activity in Prevention and Treatment of Body Weight Gain in Adults. *Journal of Nutrition*, 132(12): 3826S-3829S. doi: 10.1093/jn/132.12.3826S
- Jakicic, J. M., Clark, C., Coleman, E., Donnelly, J. E., Foreyt, J., Melanson, E., Volek, J., Volpe, S. L. (2001). ACSM Position Stand on the Appropriate Intervention Strategies for Weight Loss and Prevention of Weight Regain for Adults. *Med. Sci. Sports Exerc.*, (Vol 33, No. 12, 2145-2156.)
- Kralj, V., Čukelj, P. (2017). Pretilost i kronična bubrežna bolest: javnozdravstvena važnost. *Hrvatski zavod za javno zdravstvo*, 12(7-8), 293-301 Dostupno na <https://doi.org/10.15836/ccar2017.293>.
- Magoc, D., Tomaka, J., Thompson, S. (2010). Overweight, obesity and strong attitudes: Predicting participation in physical activity in a predominantly Hispanic college population. *Health Education Journal*, 69(4), 427-438.
- Mišigoj-Duraković M., i sur. (1999). *Tjelesno vježbanje i zdravlje*. Fakultet za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu.
- Mišigoj-Duraković, M. (2018). Pretilost. U M. Mišigoj-Duraković, S. Petrušić-Goldstein (ur.), *Tjelesno vježbanje i zdravlje* (str. 191-208). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

- Ostojić, S. M. (2011). Javno-zdravstveni aspekti prekomjerne tjelesne težine i pretilosti. U S. Heimer (ur.), *Tjelesna aktivnost i zdravlje, Uloga tjelesne aktivnosti u prevenciji i liječenju prekomjerne tjelesne težine i pretilosti* (str.7). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Pekka, O. (2011). Tjelesna aktivnost u prevenciji i liječenju prekomjerne tjelesne težine i pretilosti – iskustvo iz Finske. U S. Heimer (ur.), *Tjelesna aktivnost i zdravlje, Uloga tjelesne aktivnosti u prevenciji i liječenju prekomjerne tjelesne težine i pretilosti* (str.58). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Peters, J. C. (2006). Obesity prevention and social change: what will it take? *Exerc. Sport Sci. Rev.*, Vol. 34, No. 1, 4-9.
- Ross, R., Freeman, J. A., Janssen, I. (2000). Exercise Alone I an Effective Strategy for Reducing Obesity and Related Comorbidities. *Exerc. Sport Sci. Rev.*, Vol. 28, No. 4, 165-170.
- Salzer, B., Trnka, Ž. i Sučić, M. (2006). Pretilost, lipoproteini i tjelesna aktivnost. *Biochemia Medica*, 16(1), 37-42. Dostupno na <https://hrcak.srce.hr/11533>.
- Tremblay, M. S., Colley, R.C., Saunders, T.J., Healy, G. N. i Owen, N. (2010). Physiological and health implications of a sedentary lifestyle. *Appl Physiol Nutr Metab*, 35, 725-40. Dostupno na <http://blogs.plos.org/obesitypanacea/files/2010/12/Published-Paper.pdf>.
- Wang, J., Wang, L., Child Obesity and health (2008). Quah S. R. (ur.). *International Encyclopedia of Public Health, second edition, volume 1*, (str.495). Birmingham, Al, USA: University of Alabama at Birmingham.
- World Health Organization. Obesity and overweight (2017). U *World Health Organization*. Dostupno na <http://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.
- Zekić, J. (28. travnja 2016). Mjerenje bazalnog metabolizma u sportu. U *Fitness učilište*. Dostupno na <https://fitness-uciliste.hr/mjerenje-bazalnog-metabolizma-u-sportu/>